

[First Hit](#)[Previous Doc](#)[Next Doc](#)[Go to Doc#](#)

Generate Collection

Print

L7: Entry 49 of 202

File: JPAB

Jun 13, 2000

PUB-NO: JP02000160284A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2000160284 A

TITLE: FREE-CUTTING STEEL

PUBN-DATE: June 13, 2000

## INVENTOR-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

UNO, MITSUO

KAMATA, YOSHIHIKO

INT-CL (IPC): C22C 38/00; C22C 38/58; C22C 38/60

## ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an inexpensive nonleaded free-cutting steel having machinability equal to that of a free-cutting leaded resulfurized steel.

SOLUTION: This free-cutting steel has a composition which consists of, by weight, 0.05-0.30% C,  $\leq 0.10\%$  Si, 0.85-2.00% Mn, 0.020-0.20% P,  $>0.50-0.80\%$  S, 0.0030-0.0200% N, 0.0050-0.0350% O(oxygen),  $\leq 0.30\%$  Cu,  $\leq 0.30\%$  Ni,  $\leq 1.5\%$  Cr,  $\leq 0.2\%$  Mo,  $\leq 0.10\%$  Al,  $\leq 0.50\%$  Bi,  $\leq 0.10\%$  Te,  $\leq 0.05\%$  Ca,  $\leq 1.00\%$  Ti,  $\leq 0.50\%$  V,  $\leq 0.0050\%$  B, and the balance Fe with inevitable impurities and in which the value of  $\frac{\text{Mn}(\%)}{\text{S}(\%)}$  is regulated to  $\geq 1.70$ .

COPYRIGHT: (C)2000,JPO

[Previous Doc](#)[Next Doc](#)[Go to Doc#](#)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2000-160284  
(P2000-160284A)

(43) 公開日 平成12年6月13日 (2000.6.13)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード (参考)
C 2 2 C 38/00	3 0 1	C 2 2 C 38/00	3 0 1 M
38/58		38/58	
38/60		38/60	

審査請求 未請求 請求項の数1 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平10-333514

(22) 出願日 平成10年11月25日 (1998. 11. 25)

(71) 出願人 000002118

住友金属工業株式会社  
大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号

(72) 発明者 宇野 光男

福岡県北九州市小倉北区許斐町1番地住友  
金属工業株式会社小倉製鉄所内

(72) 発明者 鎌田 芳彦

福岡県北九州市小倉北区許斐町1番地住友  
金属工業株式会社小倉製鉄所内

(74) 代理人 100103481

弁理士 森 道雄 (外1名)

(54) 【発明の名称】 快削鋼

(57) 【要約】

【課題】 Pb系快削鋼と同等の切削性を有するPb非添加の廉価な快削鋼を提供する。

【解決手段】 重量%で、C: 0.05~0.30%、Si ≤ 0.10%、Mn: 0.85~2.00%、P: 0.020~0.20%、S: 0.50を超えて0.80%以下、N: 0.0030~0.0200%、O (酸素): 0.0050~0.0350%、Cu ≤ 0.30%、Ni ≤ 0.30%、Cr ≤ 1.5%、Mo ≤ 0.2%、Al ≤ 0.10%、Bi ≤ 0.50%、Te ≤ 0.10%、Ca ≤ 0.05%、Ti ≤ 1.00%、V ≤ 0.50%、B ≤ 0.0050%を含有し、残部はFe及び不可避不純物からなり、更に、Mn (%) / S (%) の値が1.70以上である快削鋼。

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】重量%で、C：0.05～0.30%、Si：0.10%以下、Mn：0.85～2.00%、P：0.020～0.20%、S：0.50を超えて0.80%以下、N：0.0030～0.0200%、O（酸素）：0.0050～0.0350%、Cu：0.30%以下、Ni：0.30%以下、Cr：1.5%以下、Mo：0.2%以下、Al：0.10%以下、Bi：0.50%以下、Te：0.10%以下、Ca：0.05%以下、Ti：1.00%以下、V：0.50%以下、B：0.0050%以下を含有し、残部はFe及び不可避不純物からなり、更に、下記①式で表されるf<sub>n1</sub>の値が1.70以上である快削鋼。

$$f_{n1} = \text{Mn}(\%) / \text{S}(\%) \cdots \cdots \text{①}$$

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は快削鋼に関し、より詳しくは、OA機器のシャフト類や自動車のブレーキピストンなど殆ど負荷のかからない機械構造部品の素材鋼として好適なPb非添加型の快削鋼に関する。

## 【0002】

【従来の技術】快削鋼は、快削性付与元素（快削元素）によって、S（硫黄）系、Pb（鉛）系、S-Pb系、Ca系、S-Pb-Ca系、Ti系、黒鉛系などに分類される。近年、種々の理由から廉価でしかもPbを添加しなくとも従来のPbを添加したPb系快削鋼と同等の切削性を有する快削鋼に対する要望が大きくなっている。

【0003】例えば特開昭63-241113号公報、特開平1-188622号公報、特開平2-243714号公報、特開平5-345951号公報に、Pbを添加しない快削鋼の化学組成が開示されている。しかし、これらの公報で開示された鋼を用いた場合には、必ずしもPb系快削鋼と同等の切削性が安定して確保できるといわけではない。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、OA機器のシャフト類や自動車のブレーキピストンなど殆ど負荷のかからない機械構造部品の素材鋼として好適な、Pb系快削鋼と同等の切削性を有するPb非添加の快削鋼を提供することにある。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】本発明の要旨は、下記に示す快削鋼にある。

【0006】すなわち、「重量%で、C：0.05～0.30%、Si：0.10%以下、Mn：0.85～2.00%、P：0.020～0.20%、S：0.50を超えて0.80%以下、N：0.0030～0.0200%、O（酸素）：0.0050～0.0350%、Cu：0.30%以下、Ni：0.30%以下、C

r：1.5%以下、Mo：0.2%以下、Al：0.10%以下、Bi：0.50%以下、Te：0.10%以下、Ca：0.05%以下、Ti：1.00%以下、V：0.50%以下、B：0.0050%以下を含有し、残部はFe及び不可避不純物からなり、更に、下記①式で表されるf<sub>n1</sub>の値が1.70以上である快削鋼。f<sub>n1</sub>=Mn(%) / S(%) ……①」である。

【0007】本発明者らは、Pbを添加しなくとも従来のPbを添加したPb系快削鋼と同等の切削性を有する廉価な快削鋼を開発すべく、化学成分について種々検討した。その結果、下記の知見を得た。

【0008】(a) Siの含有量を低く抑えたとともにPの含有量を高めた鋼に、Sを重量%で0.50%を超えて含有させると、従来のPb含有量が0.05～0.30%のPb系快削鋼と同等の切削性を付与させることができる。

【0009】(b) 高S鋼においては、Mn(%) / S(%)の値が1.70未満の場合熱間加工性の劣化が著しいが、上記Mn(%) / S(%)の値が1.70以上であれば熱間加工性に問題はない。

【0010】本発明は上記の知見に基づいて完成されたものである。

## 【0011】

【発明の実施の形態】以下、本発明の各要件について詳しく説明する。なお、化学成分の含有量の「%」は「重量%」を意味する。

【0012】C：Cは強度を確保するのに有効な元素である。しかし、その含有量が0.05%未満では添加効果に乏しい。更に、本発明鋼のような低Si、高P、高S鋼の場合にCの含有量を0.05%未満にすることはコストアップにつながる。一方、Cを0.30%を超えて含有させると切削性の低下が生じ、Pb系快削鋼と同等の切削性が安定して確保できない。したがって、Cの含有量を0.05～0.30%とした。

【0013】Si：高S-高P系のPb非添加鋼に良好な切削性を付与させるためには、Si含有量はできるだけ少なくする必要があり、特に、その含有量が0.10%を超えると、切削性の低下が著しくなってPb系快削鋼と同等の切削性が安定して確保できなくなる。したがって、Si含有量を0.10%以下とした。

【0014】Mn：Mnは、脱酸作用や強度を高める作用を有する。更に、切削性を高める作用もある。しかし、その含有量が0.85%未満ではこうした効果が得難い。一方、Mnを2.00%を超えて含有させても、その効果は飽和し、経済性を損なうばかりである。したがって、Mnの含有量を0.85～2.00%とした。

【0015】P：Pは、疲労強度を高める作用に加えて、Si含有量が0.1%以下でS含有量が0.5%を超える低Si-高S鋼の切削性を著しく向上させる作用

を有する。しかし、その含有量が0.020%未満では前記の効果が得難い。一方、0.20%を超えて含有させると熱間加工性の著しい劣化を招く。したがって、Pの含有量を0.020~0.20%とした。

【0016】S：Sは、切削性を向上させる作用を有する。特に、Si含有量が0.1%以下、P含有量が0.02~0.20%の低Si-高P鋼の切削性を大きく高める作用を有する。しかし、Pb非添加鋼の場合、Sの含有量が0.5%以下ではPb系快削鋼と同等の切削性が安定して確保できなくなる。一方、Sの含有量が0.80%を超えると熱間加工性が著しく劣化する。したがって、S含有量を0.50%を超えて0.80%以下とした。

【0017】N：Nは、結晶粒を微細化して靱性を高める作用を有する。この効果を十分発揮させるためには、Nの含有量を0.0030%以上とする必要がある。一方、Nを0.0200%を超えて含有させても、その効果は飽和し経済性を損なうばかりである。したがって、N含有量を0.0030~0.0200%とした。

【0018】O（酸素）：Oは切削性を改善するのに有効な元素で、この効果を十分発揮させるには、0.0050%以上の含有量とする必要がある。一方、Oを0.0350%を超えて含有させてもその効果はする。したがって、Oの含有量を0.0050~0.0350%とした。

【0019】Cu：Cuは添加しなくても良い。添加すれば、降伏強度を向上させる作用がある。この効果を確実に得るには、Cuは0.01%以上の含有量とすることが好ましい。しかし、その含有量が0.30%を超えると、熱間加工性が低下する。したがって、Cuの含有量を0.30%以下とした。

【0020】Ni：Niは添加しなくても良い。添加すれば、靱性を向上させる効果を有する。この効果を確実に得るには、Niは0.01%以上の含有量とすることが好ましい。しかし、その含有量が0.30%を超えると、切削性が著しく低下する。したがって、Niの含有量を0.30%以下とした。

【0021】Cr：Crは添加しなくても良い。添加すれば強度を高める作用がある。この効果を確実に得るには、Crは0.01%以上の含有量とすることが望ましい。しかし、その含有量が1.5%を超えると切削性が著しく低下する。したがって、Crの含有量を1.5%以下とした。

【0022】Mo：Moは添加しなくても良い。添加すれば、Niと同様に靱性を向上させる作用がある。この効果を確実に得るには、Moは0.01%以上の含有量とすることが好ましい。しかし、その含有量が0.2%を超えると、切削性が著しく低下する。したがって、Moの含有量を0.2%以下とした。

【0023】Al：Alは添加しなくても良い。添加す

れば、脱酸に有効である。この効果を確実に得るには、Alは0.01%以上の含有量とすることが好ましい。しかし、その含有量が0.10%を超えると、熱間加工性が低下する。したがって、Alの含有量を0.10%以下とした。

【0024】Bi：Biは添加しなくても良い。添加すれば、切削性を一段と高める作用がある。この効果を確実に得るには、Biは0.01%以上の含有量とすることが好ましい。しかし、Biを0.50%を超えて含有させても前記の効果が飽和し、コストが嵩むばかりである。したがって、Biの含有量を0.50%以下とした。

【0025】Te：Teは添加しなくても良い。添加すれば、切削性を一段と高める作用がある。この効果を確実に得るには、Teは0.005%以上の含有量とすることが好ましい。しかし、Teを0.10%を超えて含有させても前記の効果が飽和し、コストが嵩むばかりである。したがって、Teの含有量を0.10%以下とした。

【0026】Ca：Caは添加しなくても良い。添加すれば、切削性を一段と高める作用がある。この効果を確実に得るには、Caは0.0005%以上の含有量とすることが好ましい。しかし、Caを0.05%を超えて含有させても前記の効果が飽和するので、コストが嵩むばかりである。したがって、Caの含有量を0.05%以下とした。

【0027】Ti：Tiは添加しなくても良い。添加すれば、切削性を一段と高める作用がある。この効果を確実に得るには、Tiは0.05%以上の含有量とすることが好ましい。しかし、Tiを1.00%を超えて含有させても前記の効果が飽和し、コストが嵩むばかりである。したがって、Tiの含有量を1.00%以下とした。

【0028】V：Vは添加しなくても良い。添加すれば、降伏強度及び耐久比（疲労限度比）を向上させる作用がある。この効果を確実に得るには、Vは0.01%以上の含有量とすることが好ましい。しかし、Vを0.50%を超えて含有させても前記の効果が飽和し、コストが嵩むばかりである。したがって、Vの含有量を0.50%以下とした。

【0029】B：Bは添加しなくても良い。添加すれば、焼入れ性を高めて強度を向上させる作用がある。この効果を確実に得るには、Bは0.0005%以上の含有量とすることが好ましい。しかし、Bを0.0050%を超えて含有させても前記の効果が飽和しコストが嵩むばかりである。したがって、Bの含有量を0.0050%以下とした。

【0030】fn1：前記①式で表されるfn1の値が1.70未満の場合、熱間加工性の劣化が著しい。したがって、fn1の値を1.70以上とした。なお、fn

1の値の上限は4.0に近い値であっても問題はない。  
【0031】以下、実施例により本発明を詳しく説明する。

【0032】

【実施例】表1、表2に示す化学組成の鋼を通常の方法によって試験炉を用いて溶製した。表1における鋼1～

10は、化学組成が本発明で規定する範囲内にある本発

\*明例、表2における鋼11～20は成分のいずれかが本発明で規定する範囲から外れた比較例である。比較例のうち鋼18～20は従来のPb系快削鋼に相当する鋼である。

【0033】

【表1】

表 1

区 分	鋼	化 学 組 成 (重量%)										残部：Feおよび不純物									
		C	Si	Mn	P	S	N	O	Cu	Ni	Cr	Mo	Al	Bi	Te	Ca	Ti	Pb	V	B	fnl
本 発 明 例	1	0.15	0.003	1.43	0.078	0.503	0.0041	0.0270	-	-	0.11	-	-	0.08	-	-	-	-	-	-	2.84
	2	0.27	0.024	1.81	0.044	0.712	0.0088	0.0052	0.25	-	-	0.04	-	-	-	-	-	-	0.49	-	2.54
	3	0.30	0.007	1.73	0.039	0.607	0.0091	0.0095	-	-	-	-	0.009	-	-	-	0.52	-	-	-	2.85
	4	0.10	0.015	1.24	0.021	0.524	0.0057	0.0107	0.03	-	1.47	-	-	0.47	-	0.042	-	-	-	-	2.37
	5	0.18	0.095	0.88	0.089	0.501	0.0172	0.0341	-	0.09	-	0.19	-	-	-	-	0.03	-	0.03	0.0009	1.76
	6	0.05	0.011	1.36	0.071	0.595	0.0103	0.0315	-	-	-	-	0.003	-	0.08	-	0.92	-	-	-	2.29
	7	0.11	0.012	1.98	0.084	0.558	0.0035	0.0212	0.02	-	0.09	-	-	-	-	-	-	-	0.32	-	3.55
	8	0.08	0.007	0.95	0.038	0.503	0.0151	0.0250	-	0.27	-	0.05	-	-	-	-	-	-	-	-	1.89
	9	0.22	0.005	1.46	0.155	0.597	0.0122	0.0241	0.05	-	0.32	-	0.027	-	-	-	-	-	0.11	-	2.45
	10	0.12	0.018	0.89	0.197	0.512	0.0196	0.0188	0.06	-	0.61	0.07	-	-	-	-	-	-	-	-	1.74

fnl=Mn/S。左記の式中の元素記号はその元素の含有量を表す。

fnl=Mn/S。左記の式中の元素記号はその元素の含有量を表す。

【0034】

※ ※【表2】

表 2

区 分	鋼	化 学 組 成 (重量%)										残部: Feおよび不純物									
		C	Si	Mn	P	S	N	O	Cu	Ni	Cr	Mo	Al	Bi	Te	Ca	Ti	Pb	V	B	fnl
比 較 例	11	*0.32	0.005	1.27	0.072	0.524	0.0058	0.0172	0.07	-	0.15	-	0.003	-	-	-	-	-	-	-	2.42
	12	0.12	*0.107	1.56	0.047	0.591	0.0063	0.0275	-	-	-	-	0.011	-	-	-	-	-	0.02	-	2.64
	13	0.10	0.011	1.33	*0.015	0.592	0.0046	0.0332	0.05	0.04	0.11	-	-	-	-	-	0.03	-	-	-	2.25
	14	0.11	0.005	1.46	0.084	*0.484	0.0086	0.0080	0.02	-	0.09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.02
	15	0.07	0.012	0.83	0.103	0.502	0.0102	0.0190	-	*0.33	0.05	0.03	0.005	-	-	-	-	-	0.08	-	1.85
	16	0.14	0.005	1.27	0.074	0.511	0.0047	0.0205	-	-	*0.55	-	-	-	-	-	0.04	-	-	0.0007	2.49
	17	0.09	0.017	0.96	0.057	0.505	0.0081	0.0310	-	-	-	*0.23	-	-	-	-	-	-	-	-	1.90
	18	0.10	*0.184	0.91	*0.012	*0.102	0.0050	0.0272	0.05	-	-	-	0.033	-	-	-	-	-	0.07	-	8.92
	19	0.11	*0.105	1.27	*0.011	*0.073	0.0105	0.0114	-	-	-	-	0.017	-	-	-	-	-	0.18	-	17.40
	20	0.13	*0.127	1.40	*0.009	*0.015	0.0084	0.0198	0.03	-	-	-	0.005	-	-	-	-	-	0.29	-	93.33

fnl=Mn/S。左記の式中の元素記号はその元素の含有量を表す。\*印は本発明で規定する範囲から外れていることを示す。

fnl=Mn/S。左記の式中の元素記号はその元素の含有量を表す。\*印は本発明で規定する範囲から外れていることを示す。

【0035】次いで、これらの鋼の鋼塊を1200℃に加熱した後熱間鍛造し、仕上げ温度を1000℃として、直径80mmで長さが1000mmの丸棒及び厚さ5mmで幅が160mmの鋼板に仕上げ、切削性の評価のために下記の旋削試験とドリル穴あけ試験を実施した。

【0036】(1) 旋削試験

前記した直径が80mmで長さが1000mmの丸棒を供試材として、乾式つまり無潤滑で、切り込み量2mm、送り量0.2mm/rev、切削速度80m/分の条件で超硬合金P20のチップを用いて旋削試験を行った。

【0037】旋削性は、チップ寿命、仕上げ面粗さ(Ra)、切削抵抗(主分力、送り分力と背分力の合力)で★50

★評価した。なお、チップ寿命はチップの摩耗量が一定の値を超えてそれ以上の旋削が不能と判断した場合の試験時間とした。旋削試験は100分で打ち切り、100分を超えて旋削可能と判断した場合のチップ寿命は100分以上(≧100)とした。

【0038】(2) ドリル穴あけ試験

前記した厚さが5mmで幅が160mmの鋼板を供試材として、高速度工具鋼(ハイス)の直径12mmのドリルを使用し、水溶性の潤滑剤を用いて、送り0.04mm/rev、切削速度47m/分の条件で鋼板の厚さ方向に深さ40mmの穴をあけてドリル穴あけ試験を行った。

【0039】ドリル穴あけ性は、ドリル寿命、抵抗トルク、抵抗スラストで評価した。なお、ドリル寿命は、ド

リル刃先の摩耗により加工不能になるまでの穴の数とした。ドリル穴あけ試験は1000個の穴をあけた時点で打ち切り、それ以上穴あけが可能な場合のドリル寿命は1000以上(≧1000)とした。

\*【0040】試験結果を表3にまとめて示す。

【0041】

【表3】

\*

表 3

区分	鋼	旋削試験			ドリル穴あけ試験		
		チップ寿命 (分)	Ra ( $\mu\text{m}$ )	切削抵抗 (N)	ドリル寿命 (穴の数)	抵抗トルク (N-cm)	抵抗スラスト (N)
本 発 明 例	1	≧100	2.9	573	≧1000	183	428
	2	≧100	3.3	901	≧1000	224	571
	3	≧100	4.1	957	≧1000	228	584
	4	≧100	3.5	651	≧1000	193	438
	5	≧100	4.4	904	≧1000	196	449
	6	≧100	3.1	584	≧1000	178	403
	7	≧100	3.6	817	≧1000	201	459
	8	≧100	4.7	883	≧1000	220	572
	9	≧100	3.2	784	≧1000	192	443
	10	≧100	3.4	736	≧1000	217	581
比 較 例	*11	82	2.7	1129	811	235	613
	*12	95	3.6	1049	715	239	624
	*13	91	5.3	1091	896	246	619
	*14	85	3.6	1042	719	241	615
	*15	64	6.5	1095	503	258	647
	*16	77	4.7	1084	606	248	624
	*17	53	6.1	1112	495	259	635
	*18	≧100	4.5	903	≧1000	189	411
	*19	≧100	3.2	811	≧1000	192	438
	*20	≧100	2.8	584	≧1000	174	409

\*印は本発明の条件から外れていることを示す。

【0042】表3から、本発明例の鋼1～10は、Pb非添加にも拘わらず、従来のPb系快削鋼である鋼18～20と同等の旋削性、ドリル穴あけ性を有しており、切削性に優れていることが明らかである。

【0043】一方、比較例の鋼においては、本発明で規定する値から、C含有量が高目に外れた鋼11、Si含有量が高目に外れた鋼12、P含有量が低目に外れた鋼13、S含有量が低目に外れた鋼14、Ni含有量が高目に外れた鋼15、Cr含有量が高目に外れた鋼16及びMo含有量が高目に外れた鋼17は、いずれも工具寿※

※命(チップ寿命とドリル寿命)が短く、旋削試験における切削抵抗並びにドリル穴あけ時の抵抗トルク及び抵抗スラストが大きく、従来のPb系快削鋼である鋼18～20と比べて切削性が劣っている。なお、鋼13、15、17は表面粗さも劣っている。

【0044】

【発明の効果】本発明の快削鋼はPb系快削鋼と同等の切削性を有するのでOA機器のシャフト類や自動車のブレーキピストンなど殆ど負荷のかからない機械構造部品の素材鋼として利用することができる。

JAPANESE

[JP,2000-160284,A]

---

CLAIMS DETAILED DESCRIPTION TECHNICAL FIELD PRIOR ART EFFECT OF THE  
INVENTION TECHNICAL PROBLEM MEANS EXAMPLE

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] By weight %, C:0.05 - 0.30%, less than [ Si:0.10% ], Mn:0.85-2.00%, S:0.50 is exceeded P:0.020 to 0.20%. 0.80% or less, N:0.0030 - 0.0200%, O (oxygen):0.0050 - 0.0350%, Cu: Less than [ 0.30% ], less than [ nickel:0.30% ], less than [ Cr:1.5% ], Mo: Less than [ 0.2% ], less than [ aluminum:0.10% ], less than [ Bi:0.50% ], Te: It is the free cutting steel whose value of fn1 which less than [ 0.10% ], less than [ calcium:0.05% ], less than [ Ti:1.00% ], V:0.50% or less, and B:0.0050% or less are contained, and the remainder consists of Fe and an unescapable impurity, and is further expressed with following \*\* type is 1.70 or more.

fn1=Mn (%) /S (%) ..... \*\*

---

[Translation done.]



\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the free cutting steel of Pb non-adding mold suitable as raw material steel of a machine structural part which a load hardly applies [ piston / the shafts of OA equipment, / of an automobile / brake ] in more detail about a free cutting steel.

[0002]

[Description of the Prior Art] A free cutting steel is classified into S (sulfur) system, Pb (lead) system, a S-Pb system, calcium system, a S-Pb-calcium system, Ti system, a graphite system, etc. according to a free-cutting grant element (free-cutting element). Even if it is cheap from various reasons and moreover does not add Pb in recent years, the want to the free cutting steel which has cutting ability equivalent to Pb system free cutting steel which added the conventional Pb is large.

[0003] For example, the chemical composition of the free cutting steel which does not add Pb to JP,63-241113,A, JP,1-188622,A, JP,2-243714,A, and JP,5-345951,A is indicated. However, when the steel indicated in these official reports is used, cutting ability equivalent to Pb system free cutting steel is not stabilized, and it cannot necessarily secure.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] The object of this invention is to offer Pb free cutting steel of not adding [ which has cutting ability equivalent to Pb system free cutting steel suitable as raw material steel of a machine structural part which a load hardly requires / piston / the shafts of OA equipment, / of an automobile / brake ].

[0005]

[Means for Solving the Problem] The summary of this invention is in the free cutting steel shown below.

[0006] At "% of the weight, namely, C:0.05 - 0.30%, less than [ Si:0.10% ], S:0.50 is exceeded Mn:0.85-2.00% and P:0.020 to 0.20%. 0.80% or less, N:0.0030 - 0.0200%, O (oxygen):0.0050 - 0.0350%, Cu: Less than [ 0.30% ], less than [ nickel:0.30% ], less than [ Cr:1.5% ], Mo: Less than [ 0.2% ], less than [ aluminum:0.10% ], less than [ Bi:0.50% ], Te: It is the free cutting steel whose value of  $f_{n1}$  which less than [ 0.10% ], less than [ calcium:0.05% ], less than [ Ti:1.00% ], V:0.50% or less, and B:0.0050% or less are contained, and the remainder consists of Fe and an unescapable impurity, and is further expressed with following \*\* type is 1.70 or more.  $f_{n1} = \text{Mn}(\%) / \text{S}(\%) \dots$  It is \*\*."

[0007] this invention persons examined many things about the chemical entity that the cheap free cutting steel which has cutting ability equivalent to Pb system free cutting steel which added the conventional Pb should be developed, even if it did not add Pb. Consequently, the following knowledge was acquired.

[0008] (a) If the steel which raised the content of P is made to contain S exceeding 0.50% by weight % while stopping the content of Si low, cutting ability equivalent to Pb system free cutting steel whose conventional Pb content is 0.05 - 0.30% can be made to give.

[0009] (b) In high S steel, although degradation of hot-working nature is remarkable when the value of

Mn(%) / S (%) is less than 1.70, with [ the value of above-mentioned Mn(%) / S (%) ] 1.70 [ or more ], it is satisfactory to hot-working nature.

[0010] This invention is completed based on the above-mentioned knowledge.

[0011]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, each requirement for this invention is explained in detail. In addition, "% of the content" of a chemical entity means "% of the weight."

[0012] C: C is an element effective in securing reinforcement. However, the content is deficient in the addition effectiveness at less than 0.05%. Furthermore, making the content of C less than 0.05% in the case of low [ like this invention steel / Si ], high [ P ], and high S steel leads to a cost rise. On the other hand, if C is made to contain exceeding 0.30%, lowering of cutting ability will arise, and cutting ability equivalent to Pb system free cutting steel is stabilized, and it cannot secure. Therefore, the content of C was made into 0.05 - 0.30%.

[0013] Si: When it is necessary to lessen as much as possible and the content exceeds 0.10% especially, lowering of cutting ability becomes remarkable, and cutting ability equivalent to Pb system free cutting steel is stabilized by Si content, and it becomes impossible to secure it, in order to make good cutting ability give Pb non-adding steel of a high S-high P system. Therefore, Si content was made into 0.10% or less.

[0014] Mn: Mn has the operation which raises deacidification and reinforcement. Furthermore, there is also an operation which raises cutting ability. However, the content of such effectiveness is difficult to get at less than 0.85%. On the other hand, even if it makes Mn contain exceeding 2.00%, the effectiveness is saturated and just spoils profitability. Therefore, the content of Mn was made into 0.85 - 2.00%.

[0015] P: the operation to which P raises fatigue strength -- in addition, Si content has the operation which raises remarkably the cutting ability of the low Si-high S steel exceeding 0.5% at 0.1% or less as for S content. However, at less than 0.020%, the effectiveness of the above [ the content ] is difficult to get. On the other hand, if it is made to contain exceeding 0.20%, remarkable degradation of hot-working nature will be caused. Therefore, the content of P was made into 0.020 - 0.20%.

[0016] S: S has the operation which raises cutting ability. It has the operation which raises greatly especially the cutting ability of the low Si-high P steel whose Si content is 0.1% or less, and whose P content is 0.02 - 0.20%. Cutting ability with the content of S equivalent to Pb system free cutting steel at 0.5% or less is stabilized, and it becomes impossible however, to secure in the case of Pb non-adding steel. On the other hand, if the content of S exceeds 0.80%, hot-working nature will deteriorate remarkably. Therefore, S content was made into 0.80% or less exceeding 0.50%.

[0017] N: N has the operation which makes crystal grain detailed and raises toughness. In order to demonstrate this effectiveness enough, it is necessary to make the content of N into 0.0030% or more. On the other hand, even if it makes N contain exceeding 0.0200%, the effectiveness is saturated and just spoils profitability. Therefore, N content was made into 0.0030 - 0.0200%.

[0018] O(oxygen): O is an element effective in improving cutting ability, and in order to demonstrate this effectiveness enough, it needs to be taken as 0.0050% or more of content. On the other hand, the effectiveness is carried out even if it makes O contain exceeding 0.0350%. Therefore, the content of O was made into 0.0050 - 0.0350%.

[0019] It is not necessary to add Cu:Cu. If it adds, there is an operation which raises yield strength. In order to acquire this effectiveness certainly, as for Cu, it is desirable to consider as 0.01% or more of content. However, if the content exceeds 0.30%, hot-working nature will fall. Therefore, the content of Cu was made into 0.30% or less.

[0020] It is not necessary to add nickel:nickel. If it adds, it has the effectiveness of raising toughness. In order to acquire this effectiveness certainly, as for nickel, it is desirable to consider as 0.01% or more of content. However, if the content exceeds 0.30%, cutting ability will fall remarkably. Therefore, the content of nickel was made into 0.30% or less.

[0021] It is not necessary to add Cr:Cr. If it adds, there is an operation which raises reinforcement. In order to acquire this effectiveness certainly, as for Cr, it is desirable to consider as 0.01% or more of

content. However, if the content exceeds 1.5%, cutting ability will fall remarkably. Therefore, the content of Cr was made into 1.5% or less.

[0022] It is not necessary to add Mo:Mo. If it adds, there is an operation which raises toughness like nickel. In order to acquire this effectiveness certainly, as for Mo, it is desirable to consider as 0.01% or more of content. However, if the content exceeds 0.2%, cutting ability will fall remarkably. Therefore, the content of Mo was made into 0.2% or less.

[0023] It is not necessary to add aluminum:aluminum. If it adds, it is effective in deoxidation. In order to acquire this effectiveness certainly, as for aluminum, it is desirable to consider as 0.01% or more of content. However, if the content exceeds 0.10%, hot-working nature will fall. Therefore, the content of aluminum was made into 0.10% or less.

[0024] It is not necessary to add Bi:Bi. If it adds, there is an operation which raises cutting ability much more. In order to acquire this effectiveness certainly, as for Bi, it is desirable to consider as 0.01% or more of content. However, even if it makes Bi contain exceeding 0.50%, the aforementioned effectiveness is saturated, and cost just increases. Therefore, the content of Bi was made into 0.50% or less.

[0025] It is not necessary to add Te:Te. If it adds, there is an operation which raises cutting ability much more. In order to acquire this effectiveness certainly, as for Te, it is desirable to consider as 0.005% or more of content. However, even if it makes Te contain exceeding 0.10%, the aforementioned effectiveness is saturated, and cost just increases. Therefore, the content of Te was made into 0.10% or less.

[0026] It is not necessary to add calcium:calcium. If it adds, there is an operation which raises cutting ability much more. In order to acquire this effectiveness certainly, as for calcium, it is desirable to consider as 0.0005% or more of content. However, since the aforementioned effectiveness is saturated even if it makes calcium contain exceeding 0.05%, cost just increases. Therefore, the content of calcium was made into 0.05% or less.

[0027] It is not necessary to add Ti:Ti. If it adds, there is an operation which raises cutting ability much more. In order to acquire this effectiveness certainly, as for Ti, it is desirable to consider as 0.05% or more of content. However, even if it makes Ti contain exceeding 1.00%, the aforementioned effectiveness is saturated and cost just increases. Therefore, the content of Ti was made into 1.00% or less.

[0028] It is not necessary to add V:V. If it adds, there is an operation which raises yield strength and a durable ratio (fatigue ratio). In order to acquire this effectiveness certainly, as for V, it is desirable to consider as 0.01% or more of content. However, even if it makes V contain exceeding 0.50%, the aforementioned effectiveness is saturated and cost just increases. Therefore, the content of V was made into 0.50% or less.

[0029] B: It is not necessary to add B. If it adds, there is an operation which raises hardenability and raises reinforcement. In order to acquire this effectiveness certainly, as for B, it is desirable to consider as 0.0005% or more of content. However, even if it makes B contain exceeding 0.0050%, the aforementioned effectiveness is saturated and cost just increases. Therefore, the content of B was made into 0.0050% or less.

[0030] fn1: When the value of fn1 expressed with the aforementioned \*\* type is less than 1.70, degradation of hot-working nature is remarkable. Therefore, the value of fn1 was made or more into 1.70. In addition, it is satisfactory even if the upper limit of the value of fn1 is a value near 4.0.

[0031] Hereafter, an example explains this invention in detail.

[0032]

[Example] The steel of the chemical composition shown in a table 1 and a table 2 was ingoted using test kiln by the usual approach. The steel 11-20 in the example of this invention and table 2 with which the steel 1-10 in a table 1 has chemical composition within limits specified by this invention is the example of a comparison from which either of the components separated from the range specified by this invention. Steel 18-20 is the steel equivalent to the conventional Pb system free cutting steel among the examples of a comparison.

[0033]

[A table 1]

表 1

区分	鋼	化学組成 (重量%)										残部: Feおよび不純物									
		C	Si	Mn	P	S	N	O	Cu	Ni	Cr	Mo	Al	Bi	Te	Ca	Ti	Pb	V	B	fnl
本発明例	1	0.15	0.003	1.43	0.078	0.503	0.0041	0.0270	-	-	0.11	-	-	0.08	-	-	-	-	-	-	2.84
	2	0.27	0.024	1.81	0.044	0.712	0.0086	0.0052	0.25	-	-	0.04	-	-	-	-	-	-	0.49	-	2.54
	3	0.30	0.007	1.73	0.039	0.607	0.0091	0.0095	-	-	-	-	0.009	-	-	-	0.52	-	-	-	2.85
	4	0.10	0.015	1.24	0.021	0.524	0.0057	0.0107	0.03	-	1.47	-	-	0.47	-	0.042	-	-	-	-	2.37
	5	0.18	0.095	0.88	0.089	0.501	0.0172	0.0341	-	0.09	-	0.19	-	-	-	-	0.03	-	0.03	0.0009	1.76
	6	0.05	0.011	1.36	0.071	0.595	0.0103	0.0315	-	-	-	-	0.003	-	0.08	-	0.92	-	-	-	2.28
	7	0.11	0.012	1.98	0.084	0.558	0.0035	0.0212	0.02	-	0.09	-	-	-	-	-	-	-	0.32	-	3.55
	8	0.08	0.007	0.95	0.038	0.503	0.0151	0.0250	-	0.27	-	0.05	-	-	-	-	-	-	-	-	1.89
	9	0.22	0.005	1.46	0.155	0.597	0.0122	0.0241	0.05	-	0.32	-	0.027	-	-	-	-	-	0.11	-	2.46
	10	0.12	0.018	0.89	0.197	0.512	0.0196	0.0188	0.06	-	0.61	0.07	-	-	-	-	-	-	-	-	1.74

f n l = Mn / S。 左記の式中の元素記号はその元素の含有量を表す。

[0034]

[A table 2]

表 2

区分	鋼	化学組成 (重量%)										残部: Feおよび不純物									
		C	Si	Mn	P	S	N	O	Cu	Ni	Cr	Mo	Al	Bi	Te	Ca	Ti	Pb	V	B	fnl
比較例	11	*0.32	0.005	1.27	0.072	0.524	0.0058	0.0172	0.07	-	0.15	-	0.003	-	-	-	-	-	-	-	2.42
	12	0.12	*0.107	1.56	0.047	0.591	0.0063	0.0275	-	-	-	-	0.011	-	-	-	-	-	0.02	-	2.64
	13	0.10	0.011	1.33	*0.015	0.592	0.0046	0.0332	0.05	0.04	0.11	-	-	-	-	-	0.03	-	-	-	2.25
	14	0.11	0.005	1.46	0.084	*0.484	0.0086	0.0080	0.02	-	0.09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.02
	15	0.07	0.012	0.93	0.103	0.502	0.0102	0.0190	-	*0.33	0.05	0.03	0.005	-	-	-	-	-	0.08	-	1.85
	16	0.14	0.005	1.27	0.074	0.511	0.0047	0.0205	-	-	*0.55	-	-	-	-	-	0.04	-	-	0.0007	2.49
	17	0.09	0.017	0.96	0.057	0.505	0.0081	0.0310	-	-	-	*0.23	-	-	-	-	-	-	-	-	1.90
	18	0.10	*0.184	0.91	*0.012	*0.102	0.0050	0.0272	0.05	-	-	-	0.033	-	-	-	-	0.07	-	-	8.92
	19	0.11	*0.105	1.27	*0.011	*0.073	0.0105	0.0114	-	-	-	-	0.017	-	-	-	-	0.18	-	-	17.40
	20	0.13	*0.127	1.40	*0.009	*0.015	0.0084	0.0198	0.03	-	-	-	0.005	-	-	-	-	0.29	-	-	83.33

f n l = Mn / S。 左記の式中の元素記号はその元素の含有量を表す。 \*印は本発明で規定する範囲から外れていることを示す。

[0035] Subsequently, the following lathe-turning trial and the drill drilling test were carried out for finishing and the assessment of cutting ability to the steel plate whose width of face is 160mm by 55mm in the round bar whose die length is 1000mm for the diameter of 80mm, and thickness, having forged between the post heating which heated the steel ingot of such steel at 1200 degrees C, and having used finishing temperature as 1000 degrees C.

[0036] (1) The diameter which carried out the lathe-turning test above performed [ by 80mm / by making into a test specimen the round bar whose die length is 1000mm ] the lathe-turning trial using the chip of cemented carbide P20 the condition for amount [ of 2mm ] of slitting, feed-per-revolution 0.2 mm/rev, and cutting speed/of 80m by dry type, i.e., non-lubrication.

[0037] A chip life, machined surface granularity (Ra), and cutting force (resultant force of the main component of a force, feed force, and thrust force) estimated lathe-turning nature. In addition, the chip life was made into test time when the abrasion loss of a chip judges that lathe turning beyond it is impossible exceeding a fixed value. The lathe-turning trial was closed in 100 minutes, and the chip life at the time of judging that lathe turning is possible exceeding 100 minutes was made into 100 minutes or more ( $\geq 100$ ).

[0038] (2) The thickness which carried out the drill drilling test above used the drill with a diameter [ of high speed tool steel (high speed steel) ] of 12mm by 55mm by having made into the test specimen the steel plate whose width of face is 160mm, the hole with a depth of 40mm was made in the thickness direction of a steel plate the condition for delivery 0.04 mm/rev and cutting speed/of 47m using water-soluble lubricant, and the drill drilling test was performed.

[0039] A drill life, resistance torque, and a resistance thrust estimated drill drilling nature. In addition, the drill life was made into the number of holes until it becomes processing impossible by wear of the drill edge of a blade. When the drill drilling test made 1000 holes, it was closed, and the drill life when drilling is possible was made or more into 1000 ( $\geq 1000$ ) more than it.

[0040] A test result is collectively shown in a table 3.

[0041]

[A table 3]

表 3

区 分	鋼	旋 削 試 験			ドリル穴あけ試験		
		チップ寿命 (分)	Ra ( $\mu\text{m}$ )	切削抵抗 (N)	ドリル寿命 (穴の数)	抵抗トルク (N-cm)	抵抗スラスト (N)
本 発 明 例	1	$\geq 100$	2.9	573	$\geq 1000$	183	428
	2	$\geq 100$	3.3	901	$\geq 1000$	224	571
	3	$\geq 100$	4.1	957	$\geq 1000$	228	584
	4	$\geq 100$	3.5	651	$\geq 1000$	193	438
	5	$\geq 100$	4.4	904	$\geq 1000$	196	449
	6	$\geq 100$	3.1	564	$\geq 1000$	178	403
	7	$\geq 100$	3.6	817	$\geq 1000$	201	459
	8	$\geq 100$	4.7	883	$\geq 1000$	220	572
	9	$\geq 100$	3.2	784	$\geq 1000$	192	443
	10	$\geq 100$	3.4	736	$\geq 1000$	217	581
比 較 例	*11	82	2.7	1129	811	235	613
	*12	95	3.6	1049	715	239	624
	*13	91	5.3	1091	896	246	619
	*14	85	3.6	1042	719	241	615
	*15	64	6.5	1095	503	256	647
	*16	77	4.7	1084	606	248	624
	*17	53	6.1	1112	495	259	635
	*18	$\geq 100$	4.5	903	$\geq 1000$	189	411
	*19	$\geq 100$	3.2	811	$\geq 1000$	192	436
	*20	$\geq 100$	2.9	584	$\geq 1000$	174	409

\*印は本発明の条件から外れていることを示す。

[0042] In spite of Pb un-adding, the steel 1-10 of the example of this invention has lathe-turning nature equivalent to the steel 18-20 which is the conventional Pb system free cutting steel, and drill drilling nature, and its excelling in cutting ability is clear from a table 3.

[0043] On the other hand in the steel of the example of a comparison, from the value specified by this invention The steel 17 from which the steel 11 from which C content separated high, the steel 12 from which Si content separated high, the steel 13 from which P content separated in eye the low one, the steel 14 from which S content separated in eye the low one, the steel 15 from which nickel content separated high, the steel 16 from which Cr content separated high, and Mo content separated high A tool life (a chip life and drill life) is short, all have large resistance torque and resistance thrust at the time of drill drilling in the cutting force list in a lathe-turning trial, and cutting ability is inferior to it in them compared with the steel 18-20 which is the conventional Pb system free cutting steel. In addition, surface roughness is also inferior in steel 13, 15, and 17.

[0044]

[Effect of the Invention] Since the free cutting steel of this invention has cutting ability equivalent to Pb system free cutting steel, it can be used as raw material steel of a machine structural part which a load

hardly applies, such as shafts of OA equipment, and a brake piston of an automobile.

---

[Translation done.]